

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-302233  
(43)Date of publication of application : 28.10.1994

(51)Int.Cl.

H01B 12/16

(21)Application number : 05-086348  
(22)Date of filing : 13.04.1993

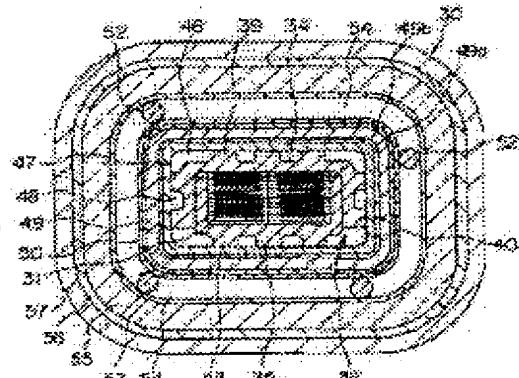
(71)Applicant : FUJIKURA LTD  
(72)Inventor : KONO TSUKASA

## (54) OXIDE SUPERCONDUCTIVE POWER CABLE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To efficiently cool an oxide superconductor by housing an oxide superconductor having a rectangular cross section in the inside of hollow stabilizing material, and providing a refrigerant passage on the outside of the stabilizing material and of a superconductive shield layer to circulate a refrigerant.

**CONSTITUTION:** The outside of a superconductor 31 is covered with hollow stabilizing material wherein stabilizing materials 34 and 35 composed of good conductive metallic material are nipped to stably retain the conductor 31 so as to be hardly moved. An inside protective pipe 47 is provided on the outside of a stabilizing material 36, and plural refrigerant passage 48 are formed between the pipe 47 and the stabilizing material 36. A superconductive shield layer 50 is applied to the outer periphery of the pipe 47 via an insulating layer 49 and a semiconductive layer 49b, a protective pipe 53 is formed on the outer side of the layer 50, and a refrigerant passage 54 is provided between the pipe 53 and the layer 50. A refrigerant is circulated with the passages 48 and 54 a going path and a return path respectively. Consequently distortion etc., w is not occurring in the superconductor, and it can be cooled directly.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-302233

(43)公開日 平成6年(1994)10月28日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 01 B 12/16

識別記号  
ZAA

府内整理番号  
7244-5G

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O.L. (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-86348

(22)出願日 平成5年(1993)4月13日

(71)出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72)発明者 河野 宰

東京都江東区木場一丁目5番1号 株式会  
社フジクラ内

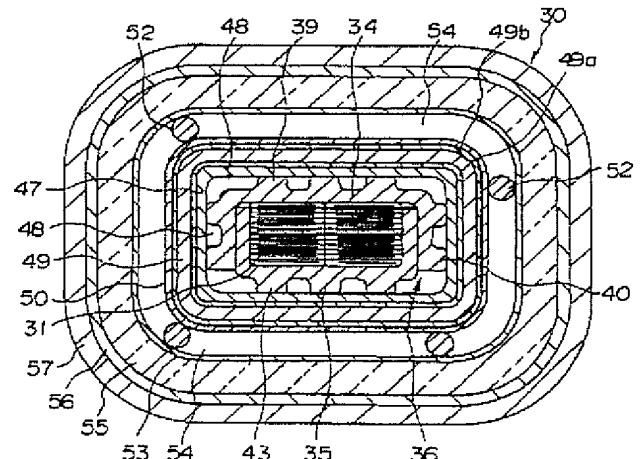
(74)代理人 弁理士 志賀 正武

(54)【発明の名称】 酸化物超電導電力ケーブル

(57)【要約】

【目的】 本発明は、直接冷却方式とし、冷媒の往路と復路を確保して冷媒の循環ができる酸化物系超電導電力ケーブルの提供を目的とする。

【構成】 本発明は、横断面矩形状の酸化物超電導導体31と、この酸化物超電導導体を収容固定する良導電性金属材料からなり外周部に突条が設けられた中空状の安定化材36と、安定化材の外方に設けられて安定化材との間に冷媒流路を形成した内部保護パイプ47と、内部保護パイプの外面に被覆された半導電銅49aと絶縁層49と、絶縁層の外面に被覆された半導電層49bと超電導シールド層50と、超電導シールド層の外方にスペーサを介して設けられ超電導シールド層との間に冷媒流路を形成した第2保護パイプ53と、第2保護パイプの外面に被覆された断熱層55と、断熱層の外面に被着された第1保護パイプ56と、第1保護パイプの外面に被覆された防食層57とを具備してなるものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 横断面矩形状の酸化物超電導導体と、この酸化物超電導導体を収容し固定する良導電性の金属材料からなり外周部に突条が設けられた中空状の安定化材と、この安定化材の外方に設けられて安定化材との間に冷媒流路を形成した内部保護パイプと、この内部保護パイプの外面に被覆された半導電層および絶縁層と、この絶縁層の外面に被覆された半導電層および超電導シールド層と、この超電導シールド層の外方にスペーサを介して設けられ超電導シールド層との間に冷媒流路を形成した第2保護パイプと、この第2保護パイプの外面に被覆された断熱層と、この断熱層の外面に被着された第1保護パイプと、この第1保護パイプの外面に被覆された防食層とを具備してなることを特徴とする酸化物超電導電力ケーブル。

【請求項2】 安定化材が、2つのチャンネル状の安定化母材を嵌合して構成され、各安定化母材材の外面には、その外方の内部保護パイプに当接して内部保護パイプとの間に冷媒流路を形成する突条が形成されてなることを特徴とする請求項1記載の酸化物超電導電力ケーブル。

【請求項3】 安定化材に、その外方の冷媒流路と安定化材の内部とを連通して冷媒の流路となる流通孔が複数形成されてなることを特徴とする請求項1または2記載の酸化物超電導電力ケーブル。

【請求項4】 内部保護パイプの外面に形成された絶縁層が内部保護パイプの外面に半導電層を介して巻回された絶縁テープにより構成され、絶縁層の外部に形成された超電導シールド層が絶縁層の外面に半導電層を介して巻回された超電導テープにより構成されてなることを特徴とする請求項1、2または3記載の酸化物超電導電力ケーブル。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電力輸送用あるいは超電導マグネット用などとしての応用開発が進められている酸化物超電導電力ケーブルに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、臨界温度の高い酸化物超電導導体を用いて電力輸送用の電力ケーブルあるいは超電導マグネットや超電導発電機の界磁巻線用超電導電力ケーブルを製造しようとする試みがなされている。このような電力ケーブルの一従来例として、図6に示すように、複数の長尺の酸化物系の超電導導体1(図6の例では16本)を銅などからなるパイプ2の周囲にそれぞれ螺旋状に隣接配置するように固定してなる超電導電力ケーブル3が知られている。前記超電導導体1は、図7に断面構造を示すように、コアとなる酸化物超電導導体4を銀などからなるシース5で覆って形成された超電導テープ6を半田などの接合材で複数積層一体化してなるものであ

る。なお、前記の例では、酸化物超電導導体4として、例えば、 $B_{11.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ なる組成で知られる2223組成のBi系酸化物超電導導体などが用いられている。図6に示す構造の超電導導体1にあっては、中央のパイプ2の内部に液体窒素を冷媒として流し、この液体窒素により周囲の酸化物超電導導体4を冷却する構成になっている。

【0003】 次にこの種の超電導電力ケーブルの第2の例として、図8に示すように、防食層10を外周に被覆した外側コルゲート管11と、この外側コルゲート管11の内部に挿入されたパイプ状の熱絶縁管12と、この熱絶縁管12の内部に設けられた内側コルゲート管13と、この内側コルゲート管13の内部に冷媒復路14をあけて挿入され遮断層15を有する絶縁管16と、この絶縁管16の内部に設けられた冷却パイプ17とその周面に配置された超電導導体18とを具備してなる超電導電力ケーブル20が知られている。図8に示す超電導電力ケーブル20にあっては、冷却パイプ17の内部空間を液体窒素などの冷媒の往路として使用し、その外側に設けられている冷媒復路14を前記冷媒の戻り流路とすることにより冷媒の循環を行なうことができ、これにより超電導導体18を効率良く冷却する構成になっている。

【0004】 更に、この種の超電導電力ケーブルの第3の例として、図9に示すように、外管20と、この外管20の内側に設けられた断熱材21および内管22と、内管22の内側に冷媒復路23をあけて収納された超電導線材24、24、24を具備してなり、超電導線材24は、冷媒往路25を有するパイプとその外周に配置された超電導導体と絶縁層とから構成してなる超電導電力ケーブル27が知られている。図9に示す超電導電力ケーブル27にあっては、冷媒往路25と冷媒復路23とを介して液体窒素などの冷媒を流すことで超電導線材24、24、24を冷却する構成になっている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図6に示す構成の超電導電力ケーブル3にあっては、パイプ2の内部に供給される冷媒によりパイプ2の外部の超電導導体1を冷却する間接冷却方式になっているために、超電導導体1の冷却効率が悪い問題がある。このように冷却効率が悪い場合は、何等かの原因によって超電導導体が常電導状態に遷移しようとした場合にこれを抑制する作用が少なくなる欠点がある。また、超電導電力ケーブル3を管路に引き込んで布設するなどの目的のために曲げ加工する場合、超電導導体1が超電導電力ケーブル3の中心部に位置されていないために、曲げ歪の影響を受け易い問題がある。更に、一般に超電導電力ケーブルにあっては、超電導導体を効率良く冷却するために冷媒を循環させながら冷却する方式を採用する必要があるが、前記の超電導電力ケーブル3にあっては冷媒の戻り流路

3

は設けられていないので、冷媒の循環はできない問題がある。

【0006】次に、図8に示す構成の超電導電力ケーブル20にあっては、冷却パイプ17の内部を液体窒素などの冷媒の往路として使用し、冷媒復路14を冷媒の戻り流路として使用することにより冷媒の循環を行うことができるが、この構造にあっても冷却方式は冷却パイプ17の内部を流れる冷媒による間接冷却方式であり、更に、冷却パイプ17の周面に超電導導体を配置しているので、曲げ歪により超電導導体の特性が劣化しやすい問題がある。

【0007】次に、図9に示す構成の超電導電力ケーブル27にあっては、内管22の内部に大きな冷媒復路23をあけて超電導線材24、24、24が収納されているので、各超電導線材24が比較的自由に動くことができるようになっている。しかしながら、超電導電力ケーブル27に通電した場合は、自己磁場として0.1～0.2T程度の磁場が発生し、この磁場による力が作用するので、超電導線材24は基本的に固定されている方が好ましい。

【0008】本発明は前記事情に鑑みてなされたものであり、曲げ加工を施しても歪の付加が小さくなるように超電導導体をケーブルの中心部に固定的に配置し、しかも、冷媒で直接超電導導体を冷却できる直接冷却方式にするとともに、冷媒の往路と復路を確保して冷媒の循環ができるようにした酸化物系超電導電力ケーブルを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は前記課題を解決するために、横断面矩形状の酸化物超電導導体と、この酸化物超電導導体を収容し固定する良導電性の金属材料からなり外周部に突条が設けられた中空状の安定化材と、この安定化材の外方に設けられて安定化材との間に冷媒流路を形成した内部保護パイプと、この内部保護パイプの外面に被覆された半導電層および絶縁層と、この絶縁層の外面に被覆された半導電層および超電導シールド層と、この超電導シールド層の外方にスペーサを介して設けられ超電導シールド層との間に冷媒流路を形成した第2保護パイプと、この第2保護パイプの外面に被覆された断熱層と、この断熱層の外面に被着された第1保護パイプと、この第1保護パイプの外面に被覆された防食層とを具備してなるものである。

【0010】請求項2記載の発明は前記課題を解決するために、請求項1記載の安定化材が、2つのチャンネル状の安定化母材を嵌合して構成され、各チャンネル材の外面には、その外方の内部保護パイプに当接して内部保護パイプとの間に冷媒流路を形成する突条が形成されてなるものである。

【0011】請求項3記載の発明は前記課題を解決するために、請求項1記載の安定化材に、その外方の冷媒流

4

路と安定化材の内部とを連通して冷媒の流路となる流通孔が複数形成されてなるものである。

【0012】請求項4記載の発明は前記課題を解決するために、請求項1、2または3記載の内部保護パイプの外面に形成された絶縁層が半導電層を介して内部保護パイプの外面に巻回された絶縁テープにより構成され、絶縁層の外部に半導電層を介して形成された超電導シールド層が絶縁層の外面に巻回された超電導テープにより構成されてなるものである。

【0013】

【作用】横断面矩形状の酸化物超電導導体が中空状の安定化材の内部に固定状態で収容されるので、通電時に自身が発生させる磁力などの外力により酸化物超電導導体が動いたり、振動することはない。また、布設時などにおいて、曲げが加わった場合、横断面矩形状の酸化物超電導導体を採用することで、ねじれなどを起こすことなく布設することができ、ねじれに起因する不用な歪を生じない。

【0014】安定化材の外方の冷媒流路と超電導シールド層の外方の冷媒流路が設けられているので、安定化材の外方の冷媒流路を冷媒の往路として使用し、超電導シールド層の外方の冷媒流路を冷媒の復路として使用するならば、冷媒の循環を行えるので、効率良く酸化物超電導導体を冷却することができ、超電導特性の安定化に寄与する。安定化材の外面に形成された突条により内部保護パイプと安定化材との間に冷媒流路が確保されるので、この冷媒流路を通過する冷媒により酸化物超電導導体を冷却できる。また、安定化材に形成された流通孔を介して安定化材の内部に冷媒が流入するので、この流入した冷媒によって超電導導体を直接冷却できる。

【0015】更に、絶縁層が絶縁テープの巻き付けにより形成され、超電導シールド層が超電導テープの巻き付けにより形成されていると、超電導シールド層の外方の冷媒の流路を流れる冷媒が、超電導テープの巻き付け部分とその下の半導電層のそれぞれの隙間を介して絶縁層側に染み込み、更に、絶縁テープの巻き付け部分の隙間にも染み込むので、絶縁層の絶縁性の向上に寄与する。

【0016】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。図1は本発明に係る酸化物系超電導電力ケーブルの第1実施例を示すもので、この例の超電導電力ケーブル30は、中心部に配した酸化物超電導導体31を他の種々の部材で覆ってなる構成になっている。この中心部に配されている超電導導体31は、図2に拡大して示すように、複数の超電導テープ32を積層して半田などの接合材33で一体化して横断面矩形状に構成されたものであり、各々の超電導テープ32は、Y-Ba-Cu-O系、Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O系、Tl-Ba-Ca-Cu-O系などに代表される酸化物超電導導体のテープを銀や貴金属などからなるシース材で覆ってなる構

50

成にされている。なお、図1と図2に示す例では、複数枚の超電導テープ32を積層して1つのブロック導体32Aとし、このブロック導体32Aを更に4つ接合して超電導導体31が構成されている。また、各超電導テープ32の積層方向を図2に示すように同一の方向になるようにして各ブロック導体32Aを接合することが好ましい。

【0017】次に前記超電導導体31の外部には、銅などの良導電性金属材料からなる長尺のチャンネル状の安定化母材34、35を嵌合してなる中空の安定化材36が超電導導体31を覆うように設けられている。前記安定化母材34は、図3に示すように中央壁37と側壁38、38からなる横断面略コ字状をなし、中央壁37の外面には安定化母材34の長さ方向に沿う3本の突条39が形成され、側壁38の外面には安定化母材34の長さ方向に沿う2本の突条40が形成されている。また、安定化母材35は、安定化母材34と同様な構成で、中央壁41と側壁42、42からなり、中央壁41の外面に前記突条39と同様に突条43が3本形成されている。そして、前記安定化母材35は、その側壁42、42を前記安定化母材34の側壁38、38の内側に配置させて安定化母材34に嵌合されて中空の安定化材36が構成されている。前記安定化母材34と35は、内部に収納した超電導導体31が損傷しないように超電導導体の厚みより0.1～0.2mm程度大きめの寸法をもって嵌合されている。この程度のクリアランスでは安定化材36の内部に収納されている超電導導体31は安定化材36の内部でほとんど動かないようによく保持される。また、前記安定化母材34の側壁38、38と安定化母材35の側壁42、42には、それぞれ所定間隔で曲げ易さのための複数のスリット45が形成されるとともに、安定化母材34の中央壁37と安定化母材35の中央壁41にはそれぞれ所定間隔毎に冷媒の出入りを確保する流通孔46…が形成されている。

【0018】前記安定化材37の外部には、前記複数の突条39…と突条40…に接触して安定化材36を囲む内部保護パイプ47が設けられ、内部保護パイプ47と安定化材36との間に複数の冷媒流路(冷媒往路)48が形成されている。前記内部保護パイプ47は、銅パイプ、ステンレスパイプ、あるいは、Cu-Ni合金パイプなどからなる。この冷媒流路48には図示略の冷媒供給源から液体窒素などの冷媒が供給されるようになっていて、この冷媒は、前記流通孔46…とスリット45…の一部を介して安定化母材34、35の外部側から内部側へ、あるいは、安定化母材34、35の内部側から外部側にそれぞれ流入できるようになっている。なお、前記超電導導体31と安定化材37との間には、超電導電力ケーブルを交流用電力ケーブルとして用いる場合にCu-Ni(30%Ni)合金テープなどの高抵抗金属テープを別途配置することが好ましい。この場合は、高

抵抗金属テープを縦添え配置するか螺旋状に巻き付けて配置することができる。

【0019】前記内部保護パイプ47の外周には、半導電層49aを介して絶縁層49が被覆されている。この絶縁層49は、クラフト紙やPPLP(ポリプロピレンラミネート紙)などの絶縁テープを巻き付けて構成されたもので、絶縁耐圧を確保するために設けられている。なお、この絶縁層49が絶縁テープを巻回して構成されたものであるので、その外側の後述する冷媒流路54を流れる冷媒の液体窒素がこの部分に染み込んで絶縁特性の向上に寄与する。

【0020】前記絶縁層49の外周には、半導電層49bを介して超電導シールド層50が被覆されている。この超電導シールド層50は、ハステロイテープなどの金属テープ上に厚さ0.1～1μm程度のY-Ba-Cu-O系などの薄膜状の超電導層が形成された超電導テープを巻回したもの、あるいは、前記の酸化物超電導導体31を構成する超電導テープを巻回したものから構成されている。ここで、前記金属テープの上に超電導層を形成するには、レーザ蒸着法、CVD法(化学気相法)、MBE法(分子線エピタキシー法)などの成膜法を実施すれば良い。また、前記金属テープの上にドクターブレード法により厚さ5～50μmの厚膜を塗布し、酸素気流中において熱処理してY-Ba-Cu-O系などの厚膜状の超電導層を形成して超電導テープを作成し、それを巻回しても良い。

【0021】この巻回の際に、外側に金属テープを向け内側に超電導層を向けて超電導テープを巻回する方が好ましい。これにより、超電導電力ケーブル30を交流用として使用した場合に、常電導部分の金属テープに交流使用時に発生する渦電流損を低く抑えることができ、また、超電導テープを巻回する時に、超電導層に圧縮歪を付加することになり、その超電導特性劣化を低くすることができる。更に、内部保護パイプ47の外部に半導電層49aを介して絶縁層49を設けているので、内部保護パイプ47の角部に丸みがつき、これにより角部において超電導層に付加される曲げ歪を少なくできる。

【0022】次に、前記超電導シールド層50の外側には、SUS304しなどのステンレス鋼線などからなるスペーサ52が巻回されている。なお、このスペーサ52は、CBN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、部分安定化ジルコニアなどのセラミックス、あるいは、ポリ4フッ化エチレン(テフロン)、ポリエチレン、ナイロンなどの合成樹脂からなる線状体あるいは条体などであっても、差し支えない。

【0023】前記スペーサ52…の外方には第2保護パイプ53がスペーサ52…に接するように被せられていて、第2保護パイプ53と超電導シールド層50との間に冷媒流路(冷媒復路)54が形成されている。この第2保護パイプ53は、厚さ1.5～2mm程度のステンレス鋼や銅などの金属材料からなり、後述するように地

絡用のアース導体を兼用している。前記第2保護パイプ53の外部には厚さ10~20mm程度の断熱層55が設けられ、その外部に第1保護パイプ56が被せられ、更に、第1保護パイプ56の外面には、ポリエチレンやエチレンプロピレンゴムなどからなる防食層57が被覆されている。

【0024】前記冷媒流路54は、超電導導体31を冷却するための液体窒素などの冷媒が流される流路であり、超電導電力ケーブル30の一端側で冷媒流路48と冷媒流路54を接続し、他端側の冷媒流路48と冷媒流路54を図示略の液体窒素などの冷媒供給源に接続し、この冷媒供給源から冷媒流路48に冷媒を供給し、冷媒流路54を介して冷媒を戻すことで、超電導電力ケーブル30の全長にわたり冷媒の循環ができるようになっている。

【0025】次に、前記構造の超電導電力ケーブル30を使用する場合について説明する。前記の超電導電力ケーブル30にあっては、冷媒流路48と冷媒流路54を介して液体窒素などの冷媒を循環させて超電導導体31を冷却し、超電導導体31を超電導状態に遷移させて通電用として使用する。この場合、冷媒流路48に液体窒素を流すと、冷媒流路48から安定化材36の流通孔46…とスリット45…の一部を通って液体窒素が安定化材36の内部側まで流れ込み、この液体窒素が超電導導体31を直接冷却するので、従来例で説明した間接冷却方式の超電導電力ケーブルよりも冷却効率が良好になる。よって超電導状態で通電した場合に超電導導体31の安定性が向上する。

【0026】従来の断面丸型の超電導電力ケーブルでは、布設する場合に超電導導体がねじれるおそれがあつたが、この例の超電導電力ケーブル30のように横断面矩形状であれば、ねじれが入るおそれがなくなり、超電導導体31に不用な歪を与えることがない。また、超電導導体31が超電導電力ケーブル30の中心部に配置されているので、外周部に配置されている従来の超電導電力ケーブルよりも曲げ歪の付加が少なくなり、その分特性劣化も少ない。しかも、安定化母材34、35の各側壁38、42にスリット45…が形成されているので、安定化母材34の中央壁37と安定化母材35の中央壁41がいずれも曲げ易い構造になっている。また、安定化材36で超電導導体31を覆って安定保持しているので、超電導導体31が安定化材36の内部で動いたり振動することがなく、外力に対して強い構造を有している。

【0027】次に、絶縁層49が、半導電層49aを介して絶縁テープを巻き付けて構成され、超電導シールド層50が、半導電層49bを介して超電導テープを巻き付けて構成されているので、それらの外側の冷媒流路54を流れる冷媒の液体窒素は、巻き付けた超電導テープの隙間部分からその内側の超電導シールド層50に染み

10

込み、更に、この液体窒素は絶縁層49にも染み込む。ここで液体窒素が染み込んだ絶縁層49は絶縁耐圧が向上するので、超電導電力ケーブル30の絶縁耐圧を向上させることができる。また、超電導電力ケーブル30に通電している場合に、何等かの原因によって超電導導体31が常電導状態に遷移した場合、電力供給源から供給される大電力を一時的に逃がす必要がある。このような場合に前記構造の超電導電力ケーブル30にあっては、第2保護パイプ53や第1保護パイプ56が前記電流を逃がす地絡用のアース導体となる。

【0028】なお、超電導シールド層50は、超電導導体31に通電した場合に、超電導導体31が発生させる磁場をマイスター効果により跳ね返す作用を奏する。特に、交流通電している場合に交番磁界が作用すると交流損失を生じるおそれがあるので、それを超電導シールド層50で防止することができる。

20

【0029】図4は、本願発明に係る超電導電力ケーブルに適用される安定化材の第2の例を示すものである。この例の安定化材60は、横断面コ字状の安定化母材61、62を突き合わせて構成されたもので、各安定化母材61の外周部に安定化母材61の長さ方向に沿う凹部62が複数形成され、安定化材60の外部には先の実施例と同等の内部保護パイプ64が被せられていて、前記凹部62と内部保護パイプ64とによって冷媒流路65が形成されている。その他の構成は、図4では省略されているが、先の実施例と同等であり、この例の構造においても先の実施例との超電導電力ケーブル30と同等の効果を得ることができる。

30

【0030】図5は本願発明に係る超電導電力ケーブルに適用される安定化材の第3の例を示すものである。この例の安定化材70は、横断面コ字状の安定化母材71、72を突き合わせて構成されたもので、各安定化母材71の外周部と内周部にそれぞれ安定化母材71の長さ方向に沿う凹部72、73が複数形成され、安定化材70の外部には先の実施例と同等の内部保護パイプ74が被せられていて、前記凹部72と内部保護パイプ74とによって冷媒流路75が、また、前記凹部73と超電導線材31とにより冷媒流路76がそれぞれ形成されている。その他の構成は、図5では省略されているが、先の実施例と同等であり、この例の構造においても先の実施例との超電導電力ケーブル30と同等の効果を得ることができる。なお、この例の構造においては、冷媒流路76を別途に設けているのでこの流路76も利用してより効率的に超電導導体31を冷却できる。

40

【0031】「製造例」B<sub>11.6</sub>Pb<sub>0.4</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>系の酸化物超電導層を銀からなるシース材で覆つてなる厚さ0.1mm、幅5mmの超電導テープを使用した。この超電導テープの臨界電流密度(Jc)は、77K、0Tにおいて5000A/cm<sup>2</sup>、臨界電流(Ic)は約8Aであった。前記超電導テープを20枚積層

50

して厚さ2mm、幅5mmのブロック導体とした。このブロック導体の $I_{c\infty}$ は約130Aである。また、このブロック導体を4本作成し、これらを4ブロック集合して半田で固定することで、厚さ4mm、幅10mm、 $I_c$ が約500Aの超電導導体を得た。

【0032】次に前記超電導導体を純銅からなる安定化材に収納し、その外周に肉厚1.0mmのSUS304ステンレスパイプを被せ、その外周に半導電テープをラップ巻きし、その上にポリプロピレンラミネートシートを巻き付けて厚さ5mmの絶縁層を形成し、更にその外周に、0.1mmの半導電テープをラップ巻きしたあと、厚さ0.1mmのハスチロイC276テープの基材上にY-Ba-Cu-O系の厚さ1μmの超電導薄膜を形成してなる超電導テープを巻き付けた。この超電導テープを巻き付ける場合は、超電導薄膜を内周側として巻き付けを行った。次に、この超電導テープの外周に直径5mmのポリ4フッ化エチレン(テフロン)からなるスペーサを巻き付け、その外方に純銅からなる肉厚1.0mmの第2保護パイプを被せ、その外側にスーパーインシュレーションからなる厚さ10mmの断熱層を形成して第1保護パイプを被せた。なお、この第1保護パイプの外面には、ポリエチレン製の厚さ5mmの防食層が形成されたものを用いた。得られた超電導電力ケーブルについて液体窒素ボンベから冷媒流路に液体窒素を流し、冷媒流路から液体窒素を液体窒素ボンベに戻すようにして液体窒素を循環させ、超電導導体を冷却した。この超電導電力ケーブルに通電したところ、超電導電流を流すことができ、安定作動することを確認できた。次に、前記超電導電力ケーブルの絶縁耐圧について測定したところ、液体窒素の冷媒を流す前は、80kVであったものが、液体窒素を流した後においては100kVに向上した。これは、冷媒として使用した液体窒素が、超電導シールド層と絶縁層とに染み込んだ結果によるものと思われる。

### 【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、横断面矩形状の酸化物超電導導体を中空状の安定化材の内部に固定状態で収容するので、通電時に自身が発生させる磁力などの外力により酸化物超電導導体が動いたり、振動することはない。また、ケーブルの布設時に、横断面矩形状の酸化物超電導導体を採用することで、ねじれなどを起こすことなく布設することができ、ねじれに起因する不用な歪を生じない。

【0034】安定化材の外方の冷媒流路と超電導シールド層の外方の冷媒流路を設けているので、安定化材の外方の冷媒流路を冷媒の往路として使用し、超電導シールド層の外方の冷媒流路を冷媒の復路として使用するならば、冷媒の循環を行うことができる。このため効率良く酸化物超電導導体を冷却することができ、超電導特性の

安定化に寄与する。また、安定化材の外面に形成された突条により内部保護パイプと安定化材との間に冷媒流路を形成するので、安定化材の内部に収納保持した酸化物超電導導体とともに安定化材を安定保持しつつ冷媒流路を確保でき、この冷媒流路を通過する冷媒により酸化物超電導導体を冷却できる。更に、安定化材に形成された流通孔を介して安定化材の内部に冷媒を流入させることができるので、この流入した冷媒によって超電導導体を効率良く直接冷却できる。

【0035】一方、絶縁層が絶縁テープの巻き付けにより形成され、超電導シールド層が超電導テープの巻き付けにより形成されていると、超電導シールド層の外方の冷媒の流路を流れる冷媒を、超電導テープの巻き付け部分の隙間を介して絶縁層側に染み込ませることができ、更に、絶縁テープの巻き付け部分と半導電テープの巻き付け部分の隙間にも染み込ませることができるので、冷却時の絶縁層の絶縁性を向上させることができ、絶縁耐圧を向上させることができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係る超電導電力ケーブルの一実施例を示す断面図である。

【図2】図2は図1に示す超電導電力ケーブルに備えられる酸化物超電導導体を示す斜視図である。

【図3】図3は図1に示す超電導電力ケーブルに備えられる安定化材の一例を示す分解斜視図である。

【図4】図4は図3に示す安定化材の他の例を示す断面図である。

【図5】図5は図3に示す安定化材の別の例を示す断面図である。

【図6】図6は従来の超電導電力ケーブルの第1の例を示す断面図である。

【図7】図7は図6に示す従来の超電導電力ケーブルに設けられている超電導テープの断面図である。

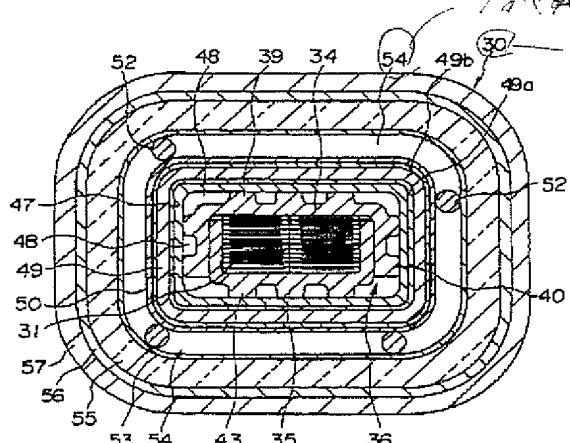
【図8】図8は従来の超電導電力ケーブルの第2の例を示す断面図である。

【図9】図9は従来の超電導電力ケーブルの第3の例を示す断面図である。

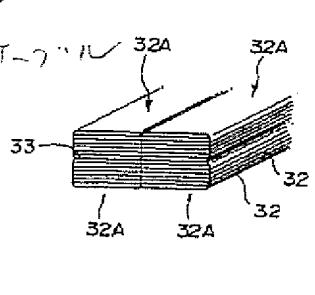
### 【符号の説明】

30	超電導電力ケーブル、	31
40	酸化物超電導導体、	34、35 安定化母材、
	36 安定化材、	39、40、43 突
	46 流通孔、	47
	内部保護パイプ、	48 冷媒流路、
9	絶縁層、	50 超
	電導シールド層、	49a、49b 半導電層、
	スペーサ、	52
	護パイプ、	53 第2保
	54 冷媒流路、	
55 断熱層、	56 第1保護パイ	
57 防食層、		

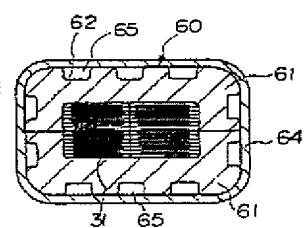
【図1】



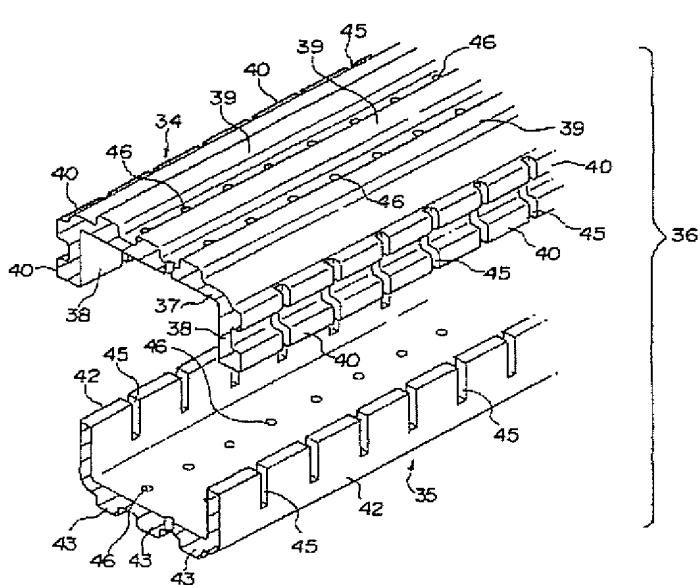
【図2】



【図4】

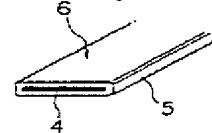
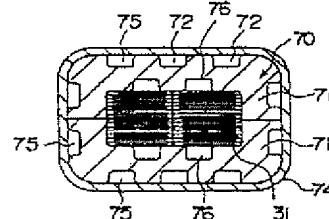


【図3】

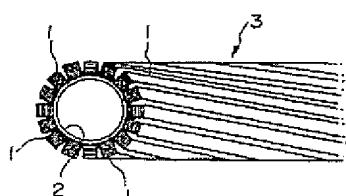


【図5】

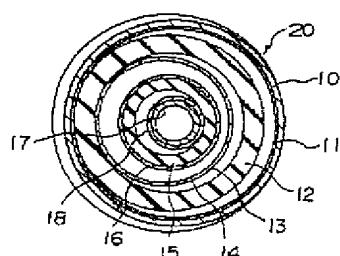
右側のY方向に複数枚の層



【図6】



【図8】



【図9】

